

METODOLOGÍA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE BARRIOS Y REGENERACIÓN URBANA: APLICACIÓN AL BARRIO ALMENARA

Nerea Corral

UPM, ETSAUN, colaboración con grupo de investigación CAVIAR (UPV/EHU)

César Bedoya Frutos

UPM

Esperanza Marrodán Ciordia

ETSAUN

Resumen

El origen de la investigación se basa en la necesidad de intervención a nivel ambiental, económico y social, en el barrio Almenara de Tetuán, Madrid. El objetivo principal de la investigación es la búsqueda de una metodología de rehabilitación energética de barrios y regeneración urbana. Los objetivos secundarios son la aplicación de la metodología al barrio reduciendo las demandas energéticas de modo directo, mediante la mejora de los parámetros característicos de la envolvente, y de modo indirecto, mediante la aplicación de materiales fríos en cubierta y fachada, la introducción de envolventes vegetales, que aumenten la evapotranspiración y reduzcan la temperatura ambiental y la modificación de la morfología de la cubierta, incorporando zonas de estancia. Todo ello, en busca de un espacio urbano global. La metodología de trabajo comenzó con la caracterización histórica y normativa del área por medio de la consulta de publicaciones del Ministerio y Gerencia de Urbanismo. Y la caracterización edificatoria del barrio por medio de los Archivos de Documentación histórica. Desde el punto de vista medioambiental, se ha realizado un análisis climático, a partir de la dirección y velocidad de los vientos y la radiación solar recibida por las superficies estructurantes de pavimentación y cubiertas, así como las fachadas en los solsticios y equinoccios. Todo ello, analizando la localización de las zonas verdes actuales y futuras y su influencia. Se ha analizado la movilidad del transporte público, la influencia de los ciclistas y accesibilidad de personas con movilidad reducida. Se han obtenido las lesiones como parámetros en términos de condicionamiento térmico, a nivel urbano y edificatorio y se ha realizado un trabajo a nivel termográfico de la edificación. El análisis social y poblacional se ha obtenido mediante una encuesta de elaboración propia sobre el estado actual de la edificación, las condiciones de confort de los inquilinos, y la obtención de indicadores de Vulnerabilidad Urbana a través de la aplicación de cartografía dinámica online denominada "Atlas de Vulnerabilidad Urbana de España". Finalmente, se ha aplicado todo lo anterior al barrio Almenara a nivel urbano y edificatorio, sobre una manzana residencial tipo, y sobre una vivienda característica, desde el punto de vista medioambiental, económico y social.

Palabras clave: regeneración urbana; rehabilitación; energía; medioambiental; social.

Área temática: Actuaciones sostenibles en la edificación.

Abstract

The origin of the research is the need for intervention at environmental, economical and social levels in the Almenara neighbourhood of Madrid. The main objective of the present research is the development of a methodology of "energy rehabilitation" of neighborhoods and urban regeneration, abiding by the principles developed by Antonio González Navarro- Moreno for refurbishment. The secondary objectives are the implementation of the developed methodology, directly reducing the energy demand, improving façade and roof parameters and, indirectly, by inserting "cool materials", sustainable materials and green roofs and facades that improve the building's hygrothermal behavior, so that evapotranspiration is increased, urban canopy is elevated, the microclimate is improved and the Urban Heat Island Effect is reduced, and by modifying the roofing and facades. All this, in search of a consistent urban space. The work methodology was begun by investigating the history and existing urban planning framework based on publications by the Ministry and Department of Planning and Development. Building construction in the area has been researched through Historical Documentation Centers. At an urban level, a climate analysis has been made, studying the speed and direction of wind and solar radiation received by both roofs and facades. Moreover, existing and future green areas have been analysed, as has their influence. Public transport mobility, cycling itineraries and accessibility for disabled persons have been examined. Urban and building damages have been classified as parameters according to thermal conditioning and thermal images were taken. Social and population analysis were carried out based on a custom survey, including the building's current state data, residents comfort situation and their perceptions, as well as the indicators obtained through the online mapping application called "Atlas de Vulnerabilidad Urbana de España". Finally, all of the above was applied at the Almenara neighborhood. The entire process has been carried out on a residential block type and a specific housing, from an environmental, economic and social point of view.

Keywords: urban renewal; refurbishment; energy; environmental; social

1. Introducción

Hoy en día, se ha producido una gran crisis a distintos niveles: ambiental, económico y social. Las tres componentes están interrelacionadas y relacionadas con la rehabilitación energética de la edificación y la regeneración urbana. En cuanto a la **crisis ambiental** podemos diferenciar varios aspectos principales: las insuficientes condiciones de confort que presenta un (alto) porcentaje de la edificación española, los problemas derivados del Efecto Isla Invernadero (UHI) y la necesidad de establecer unos sistemas de gestión eficientes. Primeramente resaltar la existencia de una gran partida edificatoria de uso residencial que existe en el territorio nacional y que no cumple con las condiciones mínimas de acondicionamiento térmico. Esto supone unas pérdidas energéticas muy elevadas en el periodo estival y unas cargas de refrigeración muy altas en verano. Con ello, no solo la situación de confort de los habitantes de las viviendas se ve influenciado, sino que conlleva la creación de microclimas urbanos o condiciones ambientales muy concretas suponiendo un consumo innecesario de energías no renovables.

Se ha de tener en cuenta que el aumento de temperatura en el ambiente urbano, además de situaciones de disconfort en el espacio público, provoca un **mayor consumo energético por parte de los edificios en verano** al aumentar las cargas de refrigeración, pudiendo llegar a ser las emisiones mayores que las de calefacción. Ante esto, se aumenta la potencia de los sistemas para alcanzar las condiciones óptimas de confort y se alargan las horas de aplicación y se ha de tener en cuenta que los sistemas de refrigeración se alimentan de energía eléctrica. Por lo tanto, el declive que ha sufrido el país exige una actuación por parte del colectivo de arquitectos para reducir los gastos económicos que pudieran sufrir los ciudadanos debido a unas malas bases de acondicionamiento.

Con todo lo anteriormente expuesto queda justificado como el acondicionamiento y rehabilitación de un edificio no solo consiste en la introducción de aislamiento térmico, o el cambio de material de acabado. La rehabilitación energética de un edificio ha de consistir en un proyecto más complejo que abarque los distintos sistemas presentes en la edificación, así como su uso y forma de habitar. Con ello, se trata de aprovechar lo que el medio nos ofrece y de suprimir lo que no nos interesa.

2. Metodología de rehabilitación energética y regeneración urbana desarrollada en el proyecto de investigación.



Figura 1 Localización del barrio Almenara en Madrid, junto a la Plaza Castilla.

A continuación se expone la metodología desarrollada, desde la justificación de la elección del barrio hasta la selección de materiales de acabado.

2.1 Justificación de la elección del ámbito de proyecto:

Para **justificar la elección** del ámbito se ha realizado un estudio de vulnerabilidad social, se ha realizado un arduo trabajo de campo y se ha analizado el período de vida útil de la edificación. El **análisis social** del área de actuación se ha realizado a través de la aplicación cartográfica lineal “Atlas de vulnerabilidad Urbana en España” perteneciente al el Observatorio de Vulnerabilidad, desarrollado por el Ministerio de Fomento, quedando definido el ámbito de proyecto por las secciones censales 079-06-081, 079-06-080, 079-06-078, 079-06-085, 079-06-075, 079-06-077, según el Instituto Nacional de Estadística.

Por otro lado, se han realizado **encuestas** de elaboración propia en las que se han plasmado características generales de la edificación, características de las viviendas referentes a composición, iluminación, ventilación y aspectos de condiciones de confort, ruido y acondicionamiento térmico activo y pasivo.

A la hora de analizar el **período de vida útil de la edificación**, se ha tenido en cuenta la aparición de la NBE-79 y la Orden ECO/805/2003.

2.2 Caracterización del área de actuación:

Tras justificar la elección del ámbito de proyecto, se ha caracterizado a nivel histórico, urbanístico, climático y edificatorio.

La **caracterización histórica** se ha realizado mediante la consulta de publicaciones académicas, documentación técnica y legislativa de las Instituciones de Gerencia de Urbanismo y el Ministerio, el Archivo de la Villa de Madrid, la consulta a los vecinos y consulta de antiguos documentos de expropiación.

La **caracterización urbanística** se ha realizado a nivel Municipal, de distrito y zonal. En el momento en que se llevó a cabo el primer proceso de regeneración urbana a partir del Plan General de 1.985 y en la actualidad, momento en el que se advierten deficiencias en la calidad de vida urbana, como a nivel de Distrito.

Climáticamente, se han analizado los vientos y el soleamiento. AEMET nos da las rosetas de los vientos de Madrid, para cada mes y el conjunto anual. El observatorio aeródromo seleccionado es “Madrid Retiro”. El análisis de la **radiación solar** es una parte esencial del proceso. Hoy en día, las ciudades Europeas son responsables del 70% de la energía primaria consumida, y está previsto que esta cifra aumente hasta un 75% en el año 2030 (EIFER, 2012). Por otro lado, el valor nominal del factor solar sobre la Tierra es 137 mW/cm². (NASA, 2012). Por lo tanto, la cantidad recibida sobre el Patrimonio construido es un aspecto a tener en cuenta a la hora de reducir el efecto Urban Heat Island tan presente hoy en día y mejorar o lograr alcanzar las condiciones de confort necesarias en las ciudades, tanto a nivel urbano como edificatorio. Existen numerosos programas de simulación, empleados para conocer el comportamiento de las ciudades ante la radiación solar. Entre ellos, se encuentran Ecotect, Enviment o la aplicación Huella Solar. Éstas, suponen una técnica de ensayo no destructiva para la inspección de edificios existentes, al igual que las imágenes termográficas tomadas con cámaras de infrarrojos. Huella solar, es una aplicación que analiza el potencial solar de la ciudad a nivel de cubierta y planos horizontales urbanos.

La **caracterización edificatoria** se ha realizado mediante la consulta de fuentes documentales, así como de trabajo de campo, a tres niveles: barrio, manzana tipo y vivienda tipo. Se han analizado los sistemas constructivos a partir de la documentación gráfica y escrita de los proyectos originales y las publicaciones de revistas de construcción de la época. A partir de la documentación consultada en las Revistas Nacionales de Arquitectura de la época, las revistas “Reconstrucción”, y de la documentación consultada en el Archivo de la Villa de Madrid, se ha conocido la composición de la fachada tipo existente en el Barrio Almenara del Distrito de Tetuán, Madrid, obteniendo las invariantes arquitectónicas del ámbito de actuación. En cada

una de las parcelas, se han obtenido: datos generales, datos de la parcela y datos de la edificación. Para conocer sus superficies, y las viviendas que necesitan someterse a un proceso de optimización energética de su envolvente, aumento de su superficie y mejoras de sus condiciones de confort, se ha procedido a la realización de una investigación a través de las fichas catastrales publicadas por el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, caracterizando y clasificando las viviendas y sus parcelas según el número de viviendas por planta, los m² de cada vivienda, el número de viviendas por parcela, el uso de la planta baja, el número de plantas, la superficie de viviendas bajo-cubierta, la superficie del resto de las viviendas, la Superficie construida total, el año de construcción, la superficie de parcela y el tipo de división.

2.3. Diagnóstico de lesiones:

Se ha analizado el ámbito tanto a nivel de barrio como edificatorio, diagnosticando las **lesiones** físicas y de acondicionamiento térmico, mediante un estudio termográfico. Como los sistemas constructivos son homogéneos en todo el período temporal de análisis, las lesiones se repiten. A nivel urbano, los espacios de aglomeración de personas, la presencia de vehículos y los colores oscuros en las superficies estructurantes, y a nivel edificatorio, las medianeras no aisladas y los puentes térmicos que provocan altas temperaturas superficiales reducen el albedo urbano. Sin embargo, la presencia de vegetación y colores claros lo elevan, favoreciendo la disminución del Efecto UHI.

2.4. Definición de las estrategias de intervención:

En la metodología de regeneración urbana y rehabilitación energética se han de tener en cuenta:

- Estrategias de planeamiento: permeabilidad de las vías más especializadas, estudios de movilidad peatonal y rodada, ruido.
- Estrategias a nivel de acondicionamiento térmico: estudio de estrategias directas e indirectas a nivel urbano y edificatorio.

Las **estrategias indirectas** que se proponen para la reducción del efecto UHI son el aumento del albedo urbano, mediante el estudio de la geometría y la orientación del tejido urbano, el aumento de la evapotranspiración mediante la inserción de vegetación en cubierta y fachada, el control del calor antropogénico y la carga de los vehículos. Como **estrategias directas** se plantean la inserción de equipos de acondicionamiento térmico de calefacción y refrigeración globales y el control del impacto en el consumo energético en la edificación.

El **albedo** es la capacidad de un objeto de reflejar de modo difuso la luz del Sol y alcanza unos niveles entre 0.10 y 0.20. El aumento del albedo supone la reducción de la radiación absorbida por la reducción de la envolvente de la edificación y materiales urbanos, manteniendo sus superficies más frías (Priyadarsini, R., 2009), reduciendo la temperatura de bulbo seco y las cargas de refrigeración de la edificación. Una de las causas del sobrecalentamiento de la edificación es la deficiente ventilación. (Priyadarsini, R., 2009) Se ha de analizar la influencia de las corrientes de aire en el trazado urbano junto con la orientación de las vías, para conocer la radiación solar recibida por las mismas.

A la hora de **intervenir en la cubierta**, habrá que diferenciar zonas de estancia, vegetales y de fitodepuración, relacionándolas con su morfología: cubierta plana o inclinada, de manera que se aprovechen estas características para diferenciar espacios y evitar el paso de olores según los vientos dominantes. Con ello, se consigue ampliar la superficie útil de la vivienda, mejorar los parámetros característicos de la cubierta, mejorar las condiciones de confort en el interior de la vivienda disminuyendo la carga de refrigeración en verano y reducir las pérdidas energéticas en invierno, y reducir el efecto Isla de Calor. Desde el **punto de vista estructural** se ha de tener en cuenta la diferencia de carga entre ellas, debiendo localizar adecuadamente cada tipología con un adecuado análisis estructural previo y si es apto para la estructura existente.

Las cubiertas aljibe tienen grandes ventajas respecto a las **aguas pluviales**, ya que considerando el edificio como unidad, se reduce la escorrentía, y al traspasar los datos al sistema urbano, se optimiza el dimensionado de la red de saneamiento. Con ello, se reduce la escorrentía de la lluvia, mediante el aprovechamiento del agua pluvial. Por otro lado, se favorece el tratamiento de las aguas grises. (Gómez, Champana, Bedoya, Neila, 2010). Sin embargo, las zonas de fitodepuración son zonas a las que el habitante no debe tener acceso directo. Así, a la hora de realizar la rehabilitación energética de la cubierta se deberán tener en cuenta las tres zonas y valorar cada una de ellas, según su función: ajardinadas, huertos urbanos, zonas de estancia y zonas de fitodepuración, teniendo en cuenta los problemas estructurales, de saneamiento y económicos, así como de relación entre ellas. Así, se deberá solucionar estos encuentros procurando aprovechar desde la reducción de la escorrentía gracias a las cubiertas ecológicas aljibes, reduciendo así el dimensionamiento de la red de saneamiento, hasta la reducción de hasta un 50 % de agua potable para usos que no lo requieran, como es la descarga de inodoros, el riego...

A la hora de insertar **fachadas vegetales** y analizar su se han seleccionado aquellos datos que influyen en la vegetación: Temperatura de bulbo seco exterior. Radiación solar (W/m²). Humedad relativa (%). Los sensores de temperatura se han colocado formando un triángulo equilátero, en el exterior y en el interior de cada tipo de paramento. Así, se ha obtenido la gráfica anterior entre otras: Como se muestra en la gráfica anterior, la temperatura superficial exterior de la fábrica de ladrillo sin revestir alcanza picos mucho más altos, (pasando los 45°C) que la fachada de fábrica revestida, la cual cuenta con temperaturas relativamente estables con diferencias térmicas de más de 10 °C. Las diferencias de temperaturas son mayores al mediodía, con la mayor altura solar y temperatura de bulbo seco. La diferencia térmica entre las temperaturas superficiales de ambas fachadas, es proporcional a la subida de la temperatura de bulbo seco. El estudio se ha desarrollado en el módulo implantado por el equipo ABIO, mediante el proyecto ENVELCA. Sin embargo, las conclusiones se extrapolan al barrio Almenara, por tratarse dentro de la misma zona climática, teniendo en cuenta que los datos pueden variar ligeramente.

2.5 Parámetros característicos de la envolvente y materiales de acabado:

El tratamiento de las **superficies de los materiales** también influye, en el incremento de la energía consumida y del efecto UHI en las ciudades (M. Zinzi, E. Carnielo, S. Agnoli, 2012). Por ello, a la hora de mejorar las **características térmicas** de la envolvente de la

edificación, no solo se ha de considerar la reducción de cargas de calefacción y refrigeración por aislamiento, sino también la reducción de las demandas al **reducir la temperatura de bulbo seco** del ambiente exterior. Así, se ha de actuar en los materiales de las superficies horizontales: suelos, calles, plazas aparcamientos y cubiertas y en las superficies verticales de fachadas. Así, la influencia de los materiales es determinante en el consumo energético, el confort de los edificios y la temperatura de confort del espacio urbano. Concretamente, las características ópticas, el albedo a la radiación solar y la emisividad, son las que más impacto crean en el balance energético urbano (Santamouris, Asimakopoulus et al., 2001). Así, el **aumento del albedo a gran escala** puede reducir la temperatura ambiental en 2°C empleando estrategias “cool city” (Synnefa, A; Dandou, A; Santamouris, M; Tombrou, M; Soulakellis, 2008). La reducción de la temperatura del aire empleando “cool materials” a gran escala, conlleva la **reducción de la energía de refrigeración** y los valores pico de refrigeración. (Rosenfeld et al. 1998; Taha et al. 1999). Por ejemplo, se ha demostrado que aumentando un 20% el albedo urbano se aumenta entre un 2,9% y un 21% en cargas de refrigeración en Toronto. Así, a través de los cálculos realizados por Akbari and Konopacki (2005) para 240 regiones estadounidenses se ha demostrado el ahorro de un 12 a un 25% de cargas de refrigeración en edificios residenciales. De este modo, la aplicación de “cool materials”, reduce la contaminación directa e indirecta: reduciendo las emisiones de CO₂ al reducir la producción energética, y la reducción de la capa de ozono. La **temperatura superficial** viene influenciada por: La reflexión solar y la radiación infrarroja. Aumentando ambos valores, se consigue reducir la temperatura superficial, reduciendo así la temperatura ambiental al reducir la transmisión de calor por convección (Synnefa, A; Dandou, A; Santamouris, M; Tombrou, M; Soulakellis), se sabe que “para picos solares para una superficie aislada y bajas condiciones de viento, la temperatura de una superficie negra con una reflectancia de 0.05 está a 50°C más que la temperatura ambiental [6]. Para una superficie blanca del 0.8, la temperatura aumenta 10°C.”. Los materiales fríos de acabado se deberán seleccionar a partir de las especificaciones establecidas por el “European Cool Roof Council”. Los datos aportados son la “solar reflectance”, la “infrared emittance”, la temperatura superficial máxima y la habilidad de la cubierta para reflejar la luz solar. El empleo de “cool materials” supone ciertas ventajas, como establece el artículo “*Advances on technical, policy and market aspects of cool roof technology in Europe: The Cool Roof Project*”, o la publicación “*Cool Roofs*” editada por Maria Kolokotroni and Peter Warren de la Brunel University. Así, se reducen las cargas de refrigeración en aquellos edificios con Aire Acondicionado: Según la publicación “Cool Roofs”, varios estudios realizados en edificios residenciales y no residenciales muestran un ahorro del 10% al 40%, en las cargas de refrigeración, según las condiciones climáticas, los parámetros de la edificación. Así, el ahorro en aire acondicionado es más importante en condiciones climáticas cálidas, bajos niveles de aislamiento y grandes superficies de cubierta, en relación con el resto de superficies de la envolvente. Se mejoran de las condiciones de confort térmico en los edificios sin Aire Acondicionado: según un estudio realizado por la Universidad de Brunel, varias monitorizaciones y estudios de simulación, indican una reducción de la temperatura interior de entre 1 y 3°C (Gartland, 1998; Synnela et. Al, 2007, 2010). Aumento de la esperanza de vida de la cubierta, reduciendo los gastos de mantenimiento. Al reducir la temperatura superficial, se reduce la cantidad de reacciones químicas asociadas a las altas temperaturas. Se Reduce la contaminación y de las emisiones CO₂ Debido a la reducción de la energía empleada en la refrigeración. Por otro lado, se reduce el Global Warming: Se ha comprobado que la aplicación de superficies de alto albedo a las

superficies estructurantes (cool roofs y cool pavements), de baja y media latitud a gran escala, puede aumentar el albedo por 0.1 reduciendo la radiación a escala global suponiendo una reducción de 44 Gt de emisiones de CO_2 [11]. Con todo, se reduce el efecto UHI: El aumento del albedo urbano a gran escala, puede afectar el microclima urbano, reduciendo las temperaturas del aire, y reduciendo el efecto Isla de Calor. Numerosos estudios de modelización muestran la reducción de 1-3°C.

3. Conclusión de la metodología. Aplicación al barrio almenara:

Tras aplicar la metodología anterior al barrio Almenara en el distrito de Tetuán en Madrid, en el ámbito del trabajo fin de master titulado "Metodología de rehabilitación de barrios: aplicación al barrio Almenara." Se obtienen las siguientes conclusiones.

3.1 Justificación de la elección del ámbito de proyecto:

3.1.1. Vulnerabilidad social:

El ámbito de actuación queda definido como "Área Vulnerable". Se perciben vulnerabilidad sociodemográfica, vulnerabilidad socioeconómica, vulnerabilidad residencial y vulnerabilidad subjetiva entre otros. Existen secciones censales con altos valores de población mayor de 75 años, hogares unipersonales de mayores de 64 años, población extranjera y población infantil. Se advierte altos niveles de población en paro, tanto adulta como juvenil, los ocupados eventuales representan un 24% y los no cualificados superan el 16%, junto a una alta población sin estudios. Existen viviendas mayores de 30 años y no se alcanza la superficie media por habitante española. Del mismo modo, existen viviendas en edificios en mal estado de conservación y previos a 1.951 y 1.979.

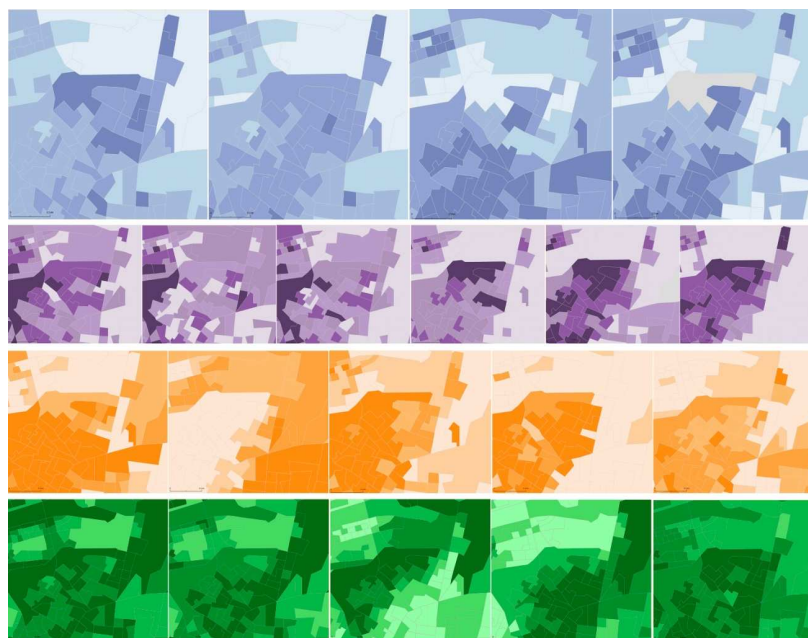


Figura 2: Gráficos de indicadores de vulnerabilidad sociodemográfica; socioeconómica; residencial y subjetiva, realizados a través del "Atlas de Vulnerabilidad Urbana en España".

3.1.2. Realización de encuestas:

La mayoría de las **personas encuestadas** son jubiladas o familias de dos miembros en viviendas de 3 o 4 dormitorios. Se ha encuestado a vecinos que se encuentran en régimen de alquiler o propiedad en viviendas creadas en el origen del barrio como en las nuevas edificaciones creadas por el IVIMA. Así, algunos de estos inquilinos vivían en algunas de las edificaciones originales y al ser derribadas fueron trasladados a estas nuevas viviendas. Algunos de los propietarios de las viviendas originales se mostraban realmente decepcionados ante la escasez de ayudas al barrio.

En cuestiones de ventilación natural, algunas de las personas encuestadas explican que algunas de sus estancias son ventiladas por medio de patios de luces, pero muchas de sus estancias dan a la vía pública. Algunas otras personas muestran que sus viviendas son todas exteriores. Las carencias de **acondicionamiento térmico** se muestran tanto en personas que no han rehabilitado sus viviendas originales como en aquellas que han pasado la ITE.

Las personas que viven en las edificaciones originales no tienen calefacción ni aire acondicionado: emplean estufas eléctricas o con gas butano. Algunas han implantado calefacción individual pero no tienen aire acondicionado o viceversa. Tanto las personas que han pasado la ITE a su vivienda como aquellas que no explican que no tienen condiciones de confort en su vivienda.

En verano alcanzan temperaturas demasiado altas y en invierno presentan temperaturas demasiado bajas. En especial aquellas personas que viven en las plantas elevadas. Una de las personas que reside en las plantas bajas explica cómo al no estar en las plantas bajo-cubierta del edificio en verano la radiación recibida es menor.

Por otro lado, debido a la escasa sección de la vía pública la vivienda se encuentra bajo la sombra arrojada del edificio de enfrente, lo cual es favorable en verano pero no en invierno.

ENCUESTA BARRIO ALMENARA. UPM. MÁSTER EN CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICAS.

- Características generales de la edificación:

- Localización: _____

- Año de construcción: _____

- Número de plantas: _____ Número de viviendas por planta: _____

- Ascensor: ☐ Sí ☐ No

- Fachada: ladrillo/ enfoscado.

- Color de la fachada: _____

- Ha sido rehabilitado el edificio: ☐ Sí ☐ No

- Cuándo: ☐ 5 o menos años ☐ 10-5 años ☐ más de 10 años

- Actuaciones llevadas a cabo: _____

- Patio: (marque con una X lo que tiene el edificio en el que reside o trabaja)

☐ De manzana:

☐ Naves industriales en uso; ☐ Existe vegetación; ☐ Aparcamiento; ☐ Zona de juego niños;

☐ Iluminación natural suficiente; ☐ Iluminación artificial nocturna;

Otros comentarios: _____

☐ De luces

☐ Naves industriales:

- En uso: ☐ Sí; ☐ No

- VIVIENDA:

- Superficie vivienda: _____ m2

- Número de inquilinos: _____

- Composición de la vivienda: (marque con una X las estancias con las que cuenta su vivienda)

☐ Hall; ☐ Salón; ☐ Comedor; ☐ Cocina; ☐ Tendedero exterior

☐ Balcón; ☐ Terraza; ☐ Jardín exterior

☐ 1 Dormitorio; ☐ 2 Dormitorios; ☐ 3 Dormitorios; ☐ 4 o más Dormitorios

☐ 1 Baño; ☐ 2 Baños; ☐ 3 o más baños; ☐ Aseo

- Iluminación natural:

- Marque con una X las estancias que Sí tienen desde Vía Pública:

☐ Hall; ☐ Salón; ☐ Comedor; ☐ Cocina; ☐ Tendedero exterior

☐ 1 Dormitorio; ☐ 2 Dormitorios; ☐ 3 Dormitorios; ☐ 4 o más Dormitorios

☐ 1 Baño; ☐ 2 Baños; ☐ 3 o más baños; ☐ Aseo

- Marque con una X las estancias que Sí tienen desde Patio de manzana o Patio de luces:

☐ Hall; ☐ Salón; ☐ Comedor; ☐ Cocina; ☐ Tendedero exterior

☐ 1 Dormitorio; ☐ 2 Dormitorios; ☐ 3 Dormitorios; ☐ 4 o más Dormitorios

☐ 1 Baño; ☐ 2 Baños; ☐ 3 o más baños; ☐ Aseo

- Iluminación natural suficiente en invierno: ☐ Sí ☐ No

- Excesiva en verano: ☐ Sí ☐ No

- Ventilación de las estancias a través de:

☐ Patio de manzana; ☐ Patio de luces; ☐ Desde la vía pública

- Seleccionar las estancias que cuentan con ventilación natural:

☐ Hall; ☐ Salón; ☐ Comedor; ☐ Cocina; ☐ Tendedero exterior

☐ 1 Dormitorio; ☐ 2 Dormitorios; ☐ 3 Dormitorios; ☐ 4 o más Dormitorios

☐ 1 Baño; ☐ 2 Baños; ☐ 3 o más baños; ☐ Aseo

- Ventanas:

- Tipo: ☐ Madera; ☐ Aluminio; ☐ PVC.

- Color: _____

- Control solar: ☐ Toldo; ☐ Persianas; ☐ Contraventanas; ☐ Cortinas.

- Tipo de vidrio: ☐ Doble; ☐ Simple.

- Balcón: ☐ Sí ☐ No

- Mirador: ☐ Sí ☐ No

- Suelo:

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO:

- Aislado desde interior: ☐ Sí ☐ No

- Calefacción: ☐ Sí ☐ No

- Si es que Sí: ☐ Central; ☐ Individual

- Si es que NO: ☐ Eléctrica; ☐ Butano; ☐ Otro

- Aire acondicionado/ refrigeración: ☐ Sí ☐ No

- Equipos en fachada: ☐ Sí ☐ No

- ACS: ☐ Central ☐ Individual

- Tipo de caldera: _____

- CONFORT:

- Número de inquilinos: _____ Edad: _____

- Temperatura habitual en su vivienda.

- ¿es suficiente? ¿es insuficiente?

- ¿cuál sería su temperatura ideal?

- Ruido:

- ¿Escucha al

- Vecino inferior: ☐ Sí; ☐ No

- Vecino superior: ☐ Sí; ☐ No

- Vecino de al lado: ☐ Sí; ☐ No

- Exterior: ☐ Patio de manzana; ☐ Patio de luces; ☐ Desde la vía pública

Figura 3: Encuesta de elaboración propia realizada a los vecinos.

3.1.3. Vida útil de la edificación:

En el tejido urbano del barrio Almenara la edificación es heterogénea, conviviendo edificaciones construidas entre 1950 y 2006. Las viviendas analizadas en esta investigación son las referentes a las originales del barrio, previas a la NBE-79.

La **vida útil de un edificio** es de 100 años, según la Orden ECO/805/2003 y viene definida por el número de períodos y los años de vida útil de los movimientos de tierras, la albañilería, los hormigones, estructuras y yesería, es decir 90 años. Teniendo en cuenta que los **sistemas constructivos autárquicos** imperantes en la época de la edificación original eran deficientes, es probable que la vida útil de la edificación se vea reducida a 85-90 años. Es decir, aquellas vivienda edificadas en torno 1.945 han consumido el 75 % de su vida útil, y aquellas edificadas en torno a 1960, han consumido el 60%. Por lo tanto, es viable su rehabilitación. Por otro lado, la demolición de las viviendas supondría la necesidad de realojo de los vecinos durante el período de edificación. Esta opción es inviable actualmente, debido a la situación económica en la que se encuentra sumido el país.

3.2. Caracterización del área de proyecto:

3.2.1. Caracterización histórica:

Históricamente, en el origen del barrio, el proceso de expansión de la ciudad se producía por medio de los fenómenos de concentración urbana asociados al aumento de la actividad productiva. La población estaba constituida por trabajadores que provenían especialmente de Castilla La Mancha, Castilla y León, Extremadura y Andalucía. Y se asentaban en el centro de la ciudad. Del mismo modo, se situaban en su extrarradio creando suburbios y habitando pequeñas casas autoconstruidas de mala calidad que no cumplían con unos niveles mínimos de habitabilidad.

Estas zonas carecían de las infraestructuras necesarias y poco a poco se fueron creando barriadas a partir de calles estrechas y desordenadas que no tenían en cuenta los servicios urbanos mínimos ni las comunicaciones adecuadas con el resto de la ciudad, convirtiéndolos en **suburbios y barriadas**.



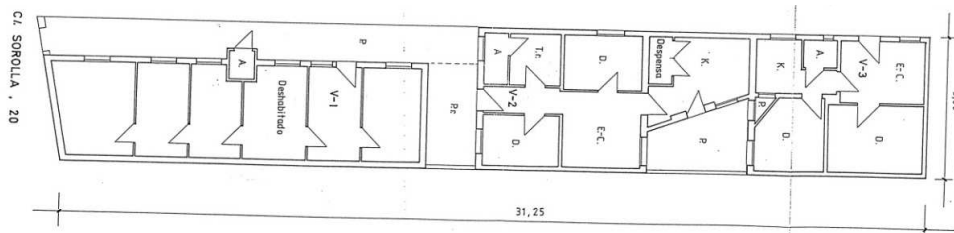


Figura 4: Antigua casa barata autoconstruida. Ya no existente. C/Sorolla 20. Plano de edificación y terreno. Propietaria: Emilia- Josefa Pecharromán Poza y otros. Fuente: propiedad familiar.

3.2.2. Caracterización urbanística:

Urbanísticamente, la normativa de referencia en el momento de las primeras intervenciones en el ámbito a nivel municipal fue el Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1.985. A nivel de distrito se establecen el “*Plan Especial de Reforma Interior PERI 6.8 La Ventilla*” y el “*Plan Especial de Reforma Interior PERI 6.1 R (Modificación del PERI 6.1 de la Avenida de los Curtidos)*”. El Instituto Nacional de Estadística las clasifica la tipología edificatoria presente en el ámbito como “Manzana cerrada”.

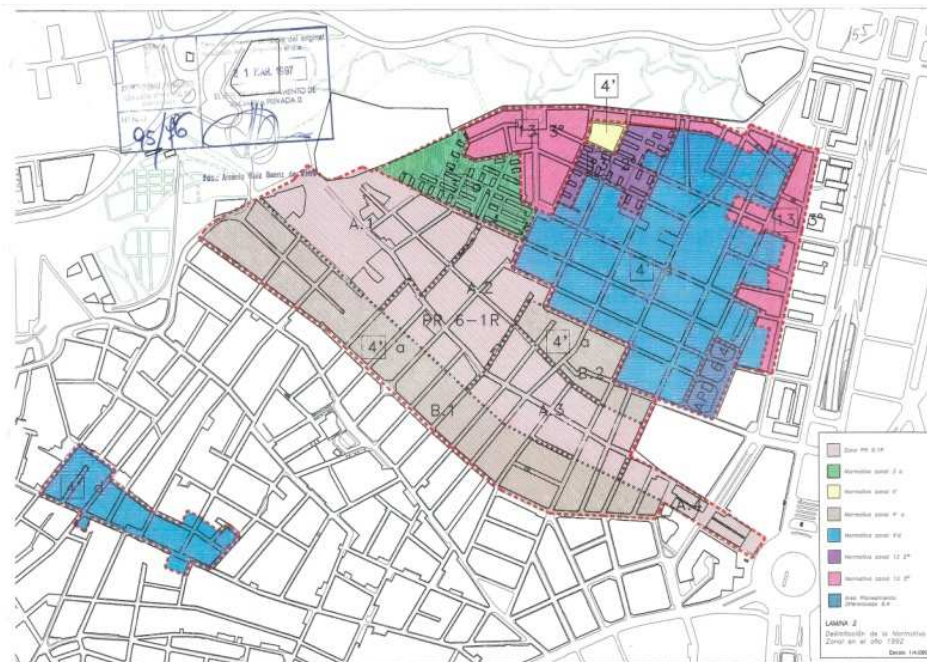


Ilustración 5 "LÁMINA 2 Delimitación de la Normativa Zonal en el año 1.992". Fuente: Gerencia de Urbanismo.

3.2.3. Caracterización climática:

Los **vientos** dominantes en la zona provienen del NE, siendo en el equinoccio de Septiembre su mayor intensidad, alcanzado un valor del 8,5 %, con una velocidad de 4-8 m/sg. Los vientos del O son dominantes en el Solsticio de verano con un 5,5 % y una velocidad de 4-8 m/sg. Así, el área de actuación se ve resguardada de los **vientos NE**, al contar con el Parque de los Pinos en su cota superior. Por otro lado, una de las direcciones del trazado lleva esta dirección, por lo que se ha de tener en cuenta a la hora de analizar las **lesiones** sobre las fachadas y cubiertas. Respecto el viento del O y SO, la zona está expuesta ya que proviene de su cota inferior e impacta en el tejido en diagonal. Así, la recuperación del interior de los patios de manzana es viable, debido a que se encuentran resguardados de los vientos. Del mismo modo, se ha de controlar la morfología de la cubierta, para proteger las zonas de estancia de los mismos, convirtiéndose en zonas de confort.

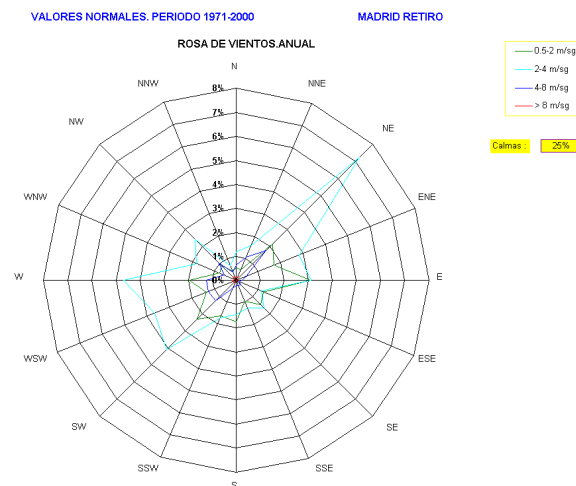


Figura 6: Rosa de los vientos anual. Fuente: AEMET.

El análisis de la radiación solar muestra que las cubiertas a dos aguas de las parcelas cuyas edificaciones son más altas, cuentan con una fuerte **carga solar**, al igual que los patios de manzana. Por el contrario, debido a la compacidad del tejido, los viales reciben escasa radiación.

El estudio de la radiación solar sobre el tejido es de gran importancia ya que permite conocer la futura eficiencia de las actuaciones llevadas a cabo en la rehabilitación energética. Así, es lógico pensar que será necesario actuar sobre las cubiertas para reducir la carga de refrigeración en verano, y que el empleo de la vegetación en la sección de los viales para favorecer la evapotranspiración y reducir la temperatura urbana favoreciendo la situación de confort no funcionará. Por ello, las zonas más propicias para la instalación de zonas de vegetación y estancia serán los patios del interior de las manzanas. Por otro lado, contarán con condiciones de confort necesarias, al estar resguardados de los vientos dominantes. Para poder llevar esto a cabo, habrá que recuperar el interior de las manzanas y eliminar las naves industriales localizadas en su interior.

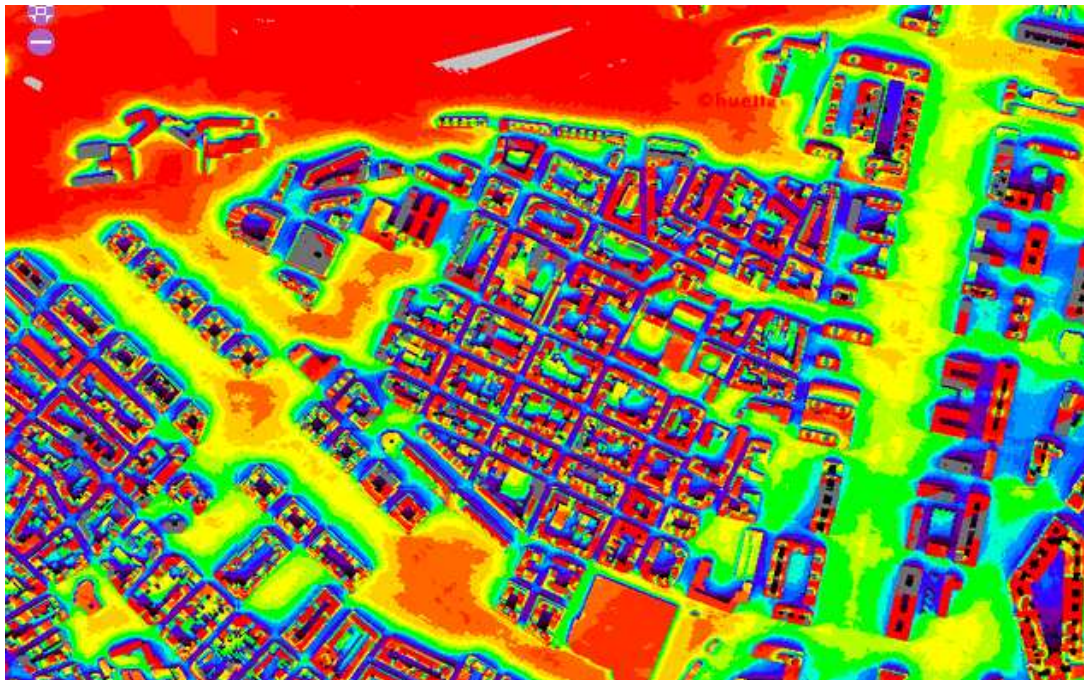


Figura 7: Mapa solar del barrio Almenara de Tetuán. Fuente: aplicación Huella solar.

3.2.2. Caracterización edificatoria:

El **material base** era la cerámica, la cual se construía en hornos a pie de obra. En esta época se vieron afectados el cemento y el acero, por lo que, al ser imprescindibles para la construcción, se plantearon los “**morteros autárquicos**”. Éstos estaban compuestos por mortero de cal, apagada por aspersión- riego y arena, de dosificación 1:2, al que se le agregaba de un 20 a un 30% de volumen de polvo de ladrillo, o de ladrillo o teja machacados. Por ello, los sistemas constructivos empleados eran muy deficientes. (Azpilicueta, Enrique)

Por otro lado, el ámbito presenta una serie de invariantes arquitectónicas. El **acceso al interior del patio de manzana** se realiza a través de los locales comerciales. El **acceso a las viviendas** se realiza a través del núcleo de comunicación vertical al cual se accede directamente desde la vía pública, estando formado por escaleras de dos tramos sin ascensor. Los forjados son a la catalana con triple tablero y los pasamanos son de madera. Las **alturas edificatorias** predominantes son b+2, o 9 metros medidos desde la vía pública. En los casos en los que originariamente sólo existía una planta de viviendas sobre un local comercial. Las alturas libres de las viviendas oscilan entre los 2,80 y los 2,60 m. En la mayoría de los casos, la planta baja está a la misma cota que la vía pública. Sin embargo, existen casos con desniveles de 50 cms. En cuanto a **usos existentes**, generalmente, las plantas bajas están destinadas a locales comerciales y naves industriales. Sin embargo, en ocasiones, conviven con viviendas.

La **fachada principal** está compuesta por muros de fábrica estructurales. Las plantas bajas presentan ladrillo cerámico, mientras que el resto de plantas están compuestas por ladrillo hueco doble. A continuación, de exterior a interior, presenta una cámara de aire estanca de 5 cms. y una hoja de rasilla enlucida a interior. En algunos casos, la fachada es enfoscada en planta baja, manteniendo el resto de alturas acabadas en ladrillo caravista, mientras que en otros, es enfoscada toda la altura de la fachada. Los tonos de acabado son amarillos, beige o rosados, presentando una imagen urbana heterogénea y característica. **Las fachadas secundarias** presentan la misma composición, enfoscadas en todos los casos.

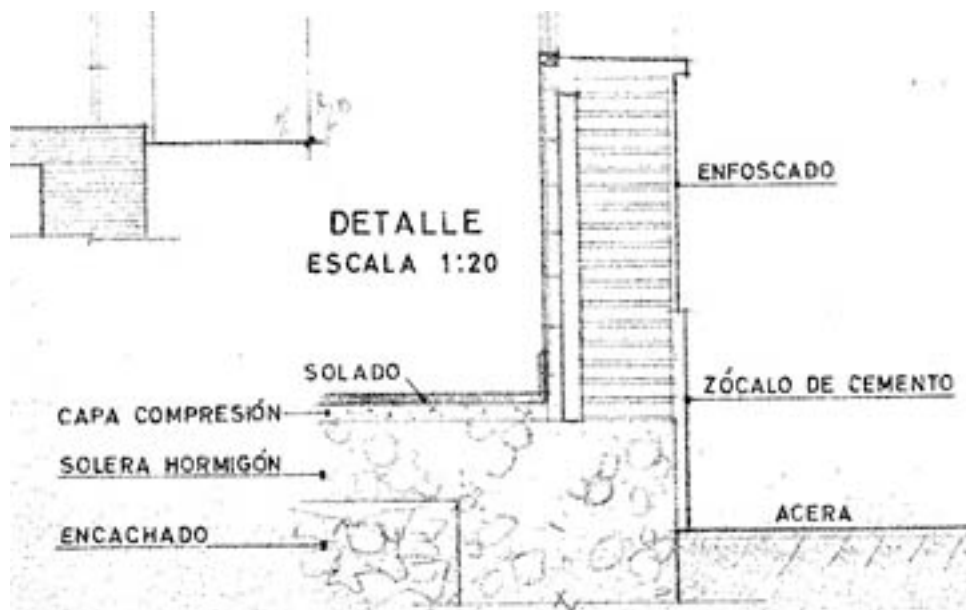


Figura 8: Detalle de fachada y forjado sobre terreno. Fuente: Archivo de la Villa de Madrid.

En la **edificación principal** existen dos tipos de cubiertas predominantes. Por un lado, se da la **cubierta con estructura de madera**, y teja plana como material de cubrición predominante en las viviendas de los años 40 y 50. Por otro lado, **cubierta sobre tabiques clareados**, tablero doble compuesto por doble rasilla y acabado de teja cerámica plana o curva, recibida con mortero. Los tabiques clareados son arriostrados con tabiques transversales a ellos. Corresponden a los años 60-70. Los faldones de la cubierta presentan una pendiente del 30%. En las fachadas en las que no existe antepecho, el canalón de zinc queda oculto por el alero, colocado sobre el forjado autárquico que vuela ligeramente sobre el plano de fachada. Existen dos encuentros tipo entre la fachada y la cubierta: en algunos casos el alero vuela ligeramente sobre la fachada y en otros la fachada supera ligeramente el nivel de cubierta mediante un antepecho.

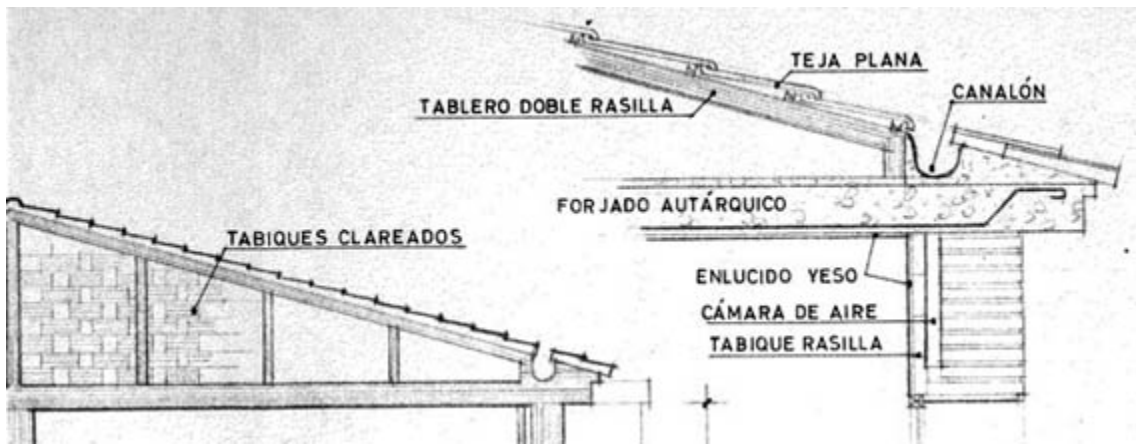


Figura 9: Detalle de cubierta tipo. Fuente: Archivo de la Villa de Madrid.

La **tabiquería interior** está compuesta por ladrillo hueco sencillo. Los **forjados** son autárquicos. Se trata de viviendas de superficie muy reducida. Algunas de ellas cuentan con local en planta baja y otras con vivienda. La rehabilitación de la solera y el forjado será distinta en cada uno de los casos. Muchas de ellas fueron previas a la aparición de la NBR-CT-79. En los tejidos urbanos predominaba el arrendamiento. Así, existen parcelas, que cuentan con una única propiedad, mientras que en otras, existen varios propietarios.

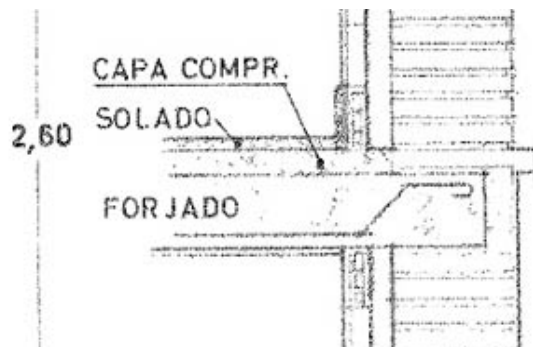


Figura 10: Detalle tipo de forjado. Fuente: Archivo de la Villa de Madrid.

3.3. Diagnóstico de lesiones:

Se han obtenido los **patrones térmicos** en todo el barrio, a escala urbana y edificatoria. A escala urbana se advierte calor antropogénico, la temperatura corporal, teniendo en cuenta el aislamiento de arropamiento, puede presentar un gradiente térmico de más de 10°C en relación con las fachadas (teniendo en cuenta que estas presentan unos parámetros específicos muy deficientes). Por otro lado, se ha de tener en cuenta la carga aportada por los vehículos. Pese a estar estacionados y a la sombra, su temperatura superficial es mayor que la del resto. La temperatura superficial de la vegetación es mucho menor que la de las superficies de su entorno.

En cuanto a **acabados de pavimentación** se ha de prestar especial atención al asfalto. Las fachadas de tonos más oscuros tienden a presentar temperaturas superficiales más elevadas y parte del cableado que discurre por fachada cuenta con altas temperaturas. Posiblemente se deba a las pérdidas energéticas que se están produciendo.

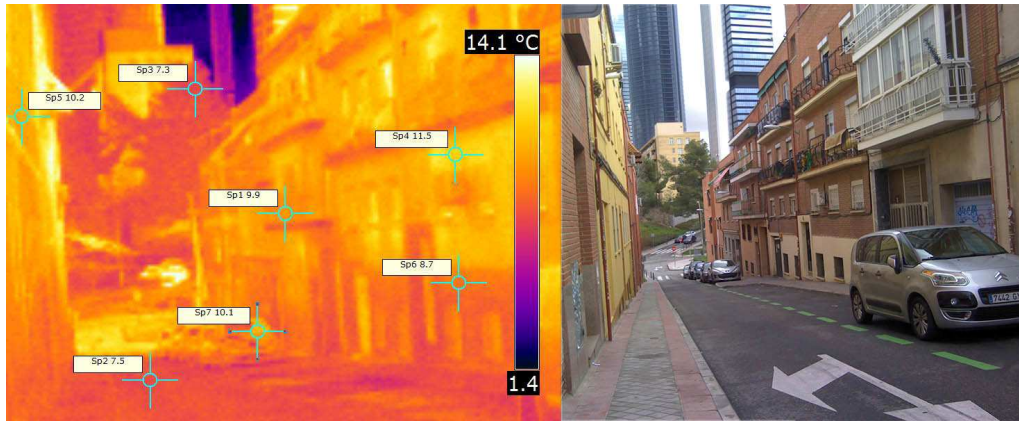


Figura 11: Imagen termográfica de espacio urbano. Fuente: Elaboración propia.

A nivel edificatorio, las **fachadas** del espacio público presentan patrones en cuestiones de acondicionamiento térmico comunes. Se dan puentes térmicos en forjados, en pilares de fachada, en el encuentro con paramento verticales y en la localización de los equipos de acondicionamiento térmico localizados en la cámara de la fachada. El patio interior de las manzanas presenta fachadas con acabado enfoscado que alcanzan temperaturas elevadas y, del mismo modo, presentan puentes térmicos en forjados, estructuras y huecos.

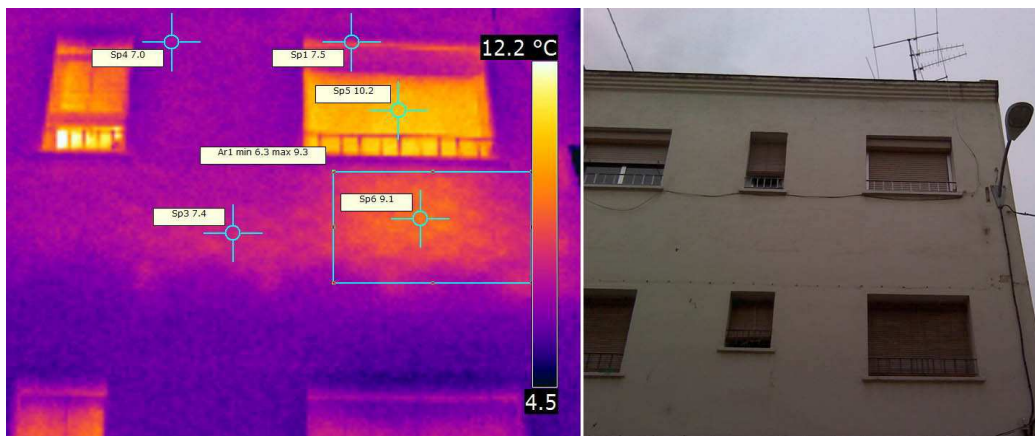


Figura 12: Imagen termográfica. Puente térmico equipo de acondicionamiento térmico en fachada. Fuente: Elaboración propia.

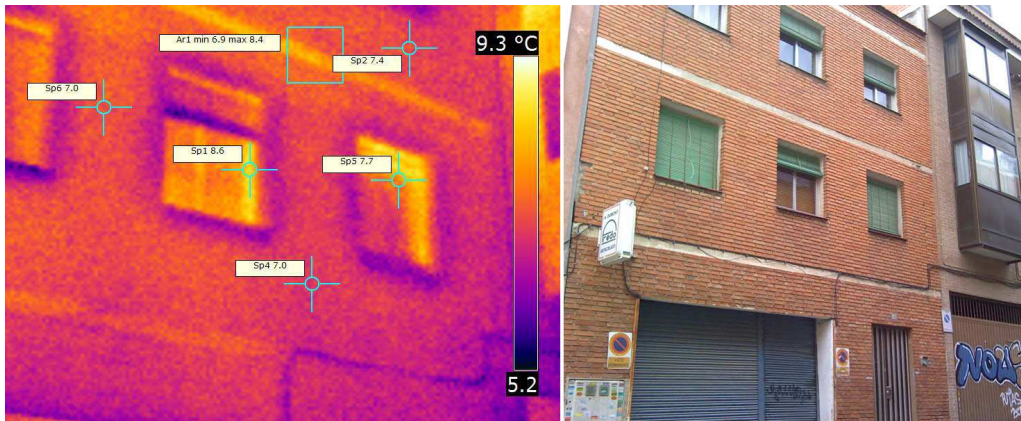


Figura 13: Imagen termográfica. Puente térmico frente de forjado en fachada. Fuente: Elaboración propia

Las **cubiertas** presentan temperaturas superficiales muy elevadas, al igual que las medianeras vistas, las cuales no están aisladas.

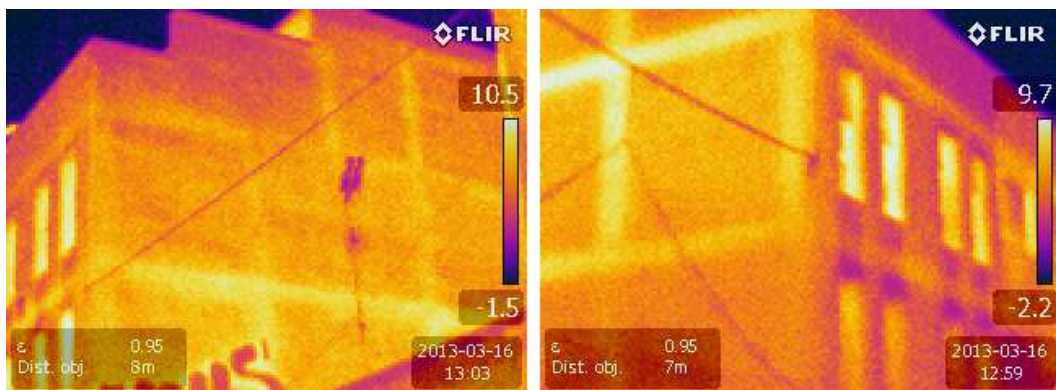


Figura 14: Imagen termográfica de medianera característica. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a **lesiones**, existe humedad de capilaridad, humedad accidental, churretones limpios y sucios, abolsamientos, desprendimientos, eflorescencias, corrosión, oxidación, erosión física y mecánica y perforaciones antrópicas.



Figura 15: Ejemplos de lesiones en fachadas. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Parámetros característicos de la envolvente:

A la hora de calcular los parámetros característicos de la envolvente se ha de tener en cuenta que existen dos tipos de **fachadas** tipo en el barrio, de similar composición, según su localización. La fachada tipo localizada en las plantas bajas está compuesta de exterior a interior por un pie de fábrica de ladrillo estructural, cámara de aire estanca (5cms), tabique de rasilla y enlucido de yeso (1,5 cms). La fachada presente en las plantas superiores, equivale a la anterior, presentando un acabado continuo a exterior. La transmitancia térmica es de 1,19 ($W/m^2 \cdot K$) y 1,17 ($W/m^2 \cdot K$) respectivamente. Las **medianeras** tipo están compuestas por 2/3 de asta de ladrillo, con un revestimiento continuo de enfoscado al exterior con una transmitancia térmica es de 2,538 ($W/m^2 \cdot K$). Los **forjados en contacto con el terreno** están formados por una solera sin aislamiento térmico, y una U de 0,60 1,19 ($W/m^2 \cdot K$). Las **cubiertas** presentan una transmitancia de 1,79 ($W/m^2 \cdot K$). En ningún caso se cumplen las exigencias establecidas por el CTE, para zona climática D.

3.5. Estrategias de intervención:

Los fenómenos causantes del efecto UHI son (Oke et al, 1991) la geometría de la vía pública; las propiedades térmicas de los materiales con el almacenamiento del calor sensible; el calor antropogénico emitido por la combustión de materiales y el metabolismo animal, el efecto invernadero; la reducción del albedo del sistema debido a la múltiple reflexión de radiación de onda corta entre las superficies de la vía; la reducción de superficies evaporativas en la ciudad; aumentando la energía del calor sensible y reduciendo la del calor latente y la reducción de la transferencia de calor entre calles. La mayor carga proviene del transporte rodado y de los equipos de acondicionamiento térmico de radiación. Este aumento de temperatura aumenta la carga de los equipos de refrigeración, produciéndose un ciclo cerrado. Al aplicar la calefacción y refrigeración urbanas, los **equipos de acondicionamiento térmico** de las fachadas desaparecerían. Sin embargo, habría que tener en cuenta el coste elevado de intervención.

Pese a que existen parques, estos no pueden intervenir en las temperaturas de las zonas de alta densidad edificatoria (Yu and Wong, 2006). Por ello, se opta por el empleo de distintas estrategias, para reducir el calor absorbido por la envolvente, o el incremento

del flujo de calor latente emitido. Se incorpora vegetación en cubiertas y fachadas; el empleo de materiales de alto valor SRI o cool materials y el empleo del agua como elemento de refrigeración mediante **evapotranspiración**. Así, se propone la inserción de vegetación en el tejido recubriendo las medianeras descubiertas y mal acondicionadas y en cubierta mediante la inserción de zonas de estancia.

Una vez comprobado que las **fachadas** de las viviendas originales del barrio Almenara están insuficientemente acondicionadas, se plantean distintas medidas a tomar. Se descarta el aislamiento de la fachada por el exterior, al considerar que se ha de mantener el carácter del patrimonio arquitectónico edificado de fábrica de ladrillo visto. Por otro lado, se descarta el aislamiento a interior, por tratarse de viviendas de superficie reducida. Por lo tanto, se plantea el relleno de la cámara de aire estanca mediante aislamiento térmico de celulosa inyectado desde el interior. De este modo, se obtendría una transmitancia térmica de 0,523 (W/ m². K).

Para solucionar el problema existente de **puentes térmicos** en medianeras, se plantean tres opciones: edificar la parcela correspondiente, redensificar el tejido urbano elevando una altura las edificaciones más bajas, y rehabilitar la medianera correspondiente. Las dos primeras opciones suponen un presupuesto de ejecución demasiado alto, poco oportuno para la situación económica actual en la que se encuentra el país. Por ello, se decide tratar las medianeras con sistemas industrializados que permitan aislar al exterior de manera respetuosa y reversible. Esto es importante, ya que si la situación económica mejorara podrían contemplarse las otras dos opciones. Para ello, se ha de convertir la medianera en una fachada más, cumpliendo con sus exigencias. Se contempla el uso de fachadas fotovoltaicas y fachadas vegetales. La incorporación de este tipo de fachas podrá realizarse hacia el exterior, independientemente de las alineaciones establecidas. Esto queda justificado por el nuevo "Proyecto de Ley de rehabilitación, regeneración y renovaciones urbanas".

Se plantea la posibilidad de mejorar los **parámetros característicos de la cubierta**, mediante pequeñas actuaciones en el aislamiento y el cambio morfológico. La solución adoptada aprovecha la simetría de la estructura, compuesta por muros de ladrillo paralelos, para recuperar la mitad de su sección como azotea, mediante la incorporación de una cubierta invertida sobre el forjado autárquico existente acabada con materiales fríos conjugándola con partes de cubierta ecológica extensiva para la incorporación de vegetación. La otra mitad de la cubierta se mantiene a un agua, según su pendiente original, para proteger al espacio de los vientos dominantes.

Así, se mejora las condiciones de confort interiores de la edificación sin afectar al interior del resto de viviendas de la edificación. Por otro lado, económicamente supondría una revalorización de la vivienda y, socialmente, la inserción de personas de distintas características, pudiendo llegar al rejuvenecimiento social. Como se ha mostrado en el análisis social y en las encuestas realizadas, la edad poblacional es relativamente elevada. La inserción de distintas tipologías de vivienda en el barrio supone la aparición de distintos modos de vida, y con ello personas de distintas edades y necesidades.

Si, además de esta operación, se elevara una planta el tejido, según lo analizado en la tesis realizada por Patricia Liñares, el tratamiento de la nueva cubierta, supone la

reducción de la carga de calefacción de la vivienda del nivel inferior, en el caso de estar la envolvente bien aislada. Según algunas publicaciones existentes (Álvarez, 2008), en el caso de que la edificación cuente con 4 plantas, la influencia de la nueva cubierta sería mínima. Sin embargo, las alturas de la edificación en el barrio Almenara de Madrid, es de 3 plantas en la mayoría de los casos, siendo en algunos de ellos 2. Así, valorando la diferencia de climas y sistemas constructivos, este valor podría extrapolarse en un 20%. Por otro lado, en el caso en que la altura edificada no fuera de uso residencial, se incluirían distintos usos, referentes a distintos servicios urbanos, suponiendo la reactivación económica del barrio.

A la hora de **seleccionar los materiales de acabado**, según lo analizado en el apartado de metodología, la aplicación de materiales fríos en el barrio Almenara, supondría unas cargas de refrigeración, uno de los problemas principales en el barrio, como se ha observado en las encuestas realizadas a los vecinos y la toma de datos de la documentación del Archivo de la Villa. La importancia de la elección de los materiales de acabado y su influencia en el microclima urbano, es algo que también ha estudiado Irina Tumini en su tesis *"El microclima urbano en los espacios abiertos. Estudio de casos en Madrid"*.

En el proyecto se plantea la recuperación de las cubiertas residenciales y la sustitución de las cubiertas de las naves industriales del interior de la manzana, con el fin de recuperarlas como zonas de estancia para los vecinos. Así, se plantean tres tipos de cubiertas: la cubierta "cool roof" de teja pintada; la cubierta "cool roof" plana y la cubierta ecológica ajardinada extensiva. Para la "Cool Roofs" se han tenido en cuenta los materiales de la base de datos del Proyecto Cool Roofs europea. Del mismo modo, se selecciona la **pedra natural color marrón claro**, como material de acabado de la pavimentación de las vías. La elección de este material queda justificado con los estudios realizados por el "Group Building Environmental Studies, Section Applied Physics, Physics Department, University of Athens, Panepistimioupolis, Athens 157 84, Greece" y publicado en el artículo *"Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials"*, en el que presentan los resultados comparados para varios materiales. En él, han seleccionado los materiales de acuerdo a su comportamiento térmico y sus propiedades físicas según sean materiales "fríos" o "calientes". También han analizado el color, la rugosidad superficial y el tamaño. Esto permite, del mismo modo que en los casos anteriores, reducir el efecto invernadero de las ciudades (UHI), reducir el consumo eléctrico y mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas. Así, el material que alcanza menos temperatura superficial en sus valores máximos es la piedra marrón rugosa, con un valor de 38,6 °C, siendo también el de menor temperatura media diaria, siendo esta 33,9 °C. En relación con la temperatura de bulbo seco, en los estudios realizados por el grupo mencionado anteriormente se establece que la mayoría de los materiales caracterizados alcanzan temperaturas superficiales mayores que la de bulbo seco, a excepción del mármol blanco. Sin embargo, este material no es el seleccionado para los materiales de acabado de pavimentación de cubiertas y urbana, ya que no encaja con la gama de color del barrio. Es decir, el barrio presenta tonos beige, amarillo,... por lo que se tiende a estos tonos de acabado. En cuanto a los colores oscuros, la mayor diferencia de temperatura se encuentra en el asfalto, con una diferencia de temperaturas de más de 15°C. Por otro lado, el material frío más oscuro es la piedra, con una temperatura media superficial de 41.1 °C y una diferencia de temperatura con la temperatura de bulbo seco de 10.2°C. Con esto se justifica la

eliminación del asfalto y la pavimentación de las calles y las cubiertas a base de materiales pétreos.

Tras el desarrollo de la metodología anterior, a **nivel ambiental**, se busca la reducción del efecto UHI mediante:

- La elevación del albedo urbano.
- La reducción de la demanda energética de la edificación:
 - Indirectamente mediante la reducción de la temperatura de bulbo seco en verano
 - Directamente mediante la mejora de los parámetros característicos de la envolvente.
- La inserción de superficies vegetales que mejoren la evapotranspiración
- La reducción de la escorrentía de la lluvia mediante inserción de cubiertas aljibes.

A **nivel económico**, se busca la reactivación económica del área de intervención revalorizando su partida edificatoria y reduciendo la inversión económica mensual de los vecinos en términos de acondicionamiento térmico.

A **nivel social**, se busca la respuesta a las necesidades de los vecinos del barrio, convirtiéndolos en base del diagnóstico e intervención, la inserción de zonas de estancia para uso y disfrute de los habitantes incrementando el confort urbano y la calidad de vida.

4. Agradecimientos

Esta investigación se ha realizado dentro del marco del trabajo fin de master titulado "Metodología de rehabilitación de barrios: aplicación al barrio Almenara" y del proyecto de investigación ENVELCA, (Envolvente vegetal en la rehabilitación de edificios y distritos" dentro del Programa Nacional I+D en Construcción CICYT, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, en junio 2010 (BIA 2004-05234). Los autores quieren agradecer al grupo de investigación **ABIO**, Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible su colaboración. Del mismo modo, se quiere agradecer su colaboración al grupo de investigación **CAVIAR**, Calidad de Vida en la Arquitectura, de la Universidad de País Vasco.

5. Bibliografía

Azpilicueta, Enrique. *La construcción de la arquitectura de postguerra en España (1939-1962)*. (tesis)

"Advances on technical, policy and market aspects of cool roof technology in Europe: The Cool Roof Project".

Cool Roofs: Technical Guidelines Handbook.

CASARIEGO P., FERRÁN, C., “¿Qué hacer en Tetuán? Entre la remodelación y la rehabilitación integral”, Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda, pag.48.

“El manual de mantenimiento de edificios. El libro del técnico mantenedor”, publicado por el Consejo Superior de Arquitectos de España.

“DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 400R/09” sobre impermeabilización y aislamiento térmico de cubiertas con SISTEMAS INTEMPER® TF CON LÁMINA RHENOFOL CG Y LOSA FILTRÓN® TF BÁSICO, TF MIXTO, TF ALJIBE, TF ECOLÓGICO y TF ECOLÓGICO ALJIBE.

Barringer, F. 2009. By degrees - white roofs catch on as energy cost cutters. *The New York Times*, July 30, p.1. **Bonus:** Imagining a Cool-Roof Nation (article graphic reporting Berkeley Lab research)

Gómez, A, Chanampa, M, Bedoya,C, Neila,J, “Cubiertas planas fitodepuradoras. Propuesta de gestión de aguas grises en altura, para barrios de alta y media densidad.”, SB10mad, 2010.

H. Akbari and A. Rosenfeld. 2009. Cool roofs could save money, save planet [format: online transcript & video link]. KGO-TV (abc7news), March 3.

H. Akbari. 2009. Hashem Akbari speaks to BBC Radio World Service about global cooling (Newshour 2000 GMT, 2009-01-18) [format: MP3].

H. Akbari, S. Menon and A. Rosenfeld. 2009. Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO2. *Climatic Change*, 94, pp. 275-286.

H. Akbari and A. Rosenfeld. 2008. White roofs cool the world, directly offset CO2 and delay global warming. Berkeley Lab Heat Island Group *Research Highlight*, Nov 10.

H. Akbari, S. Menon and A. Rosenfeld. 2008. Equivalent CO2 avoided by reflective roofs and pavements in California. A memo to Dr. Bart Croes (California Air Resources Board). Revised Oct 21.

H. Akbari and R. Levinson. 2008. Evolution of cool-roof standards in the US [format: PDF]. *Advances in Building Energy Research*, 2, pp.1-32. Posted by permission of publisher; also available from Earthscanhere.

H. Akbari, C. Wray, T. Xu and R. Levinson. 2006. Inclusion of solar reflectance and thermal emittance prescriptive requirements for residential roofs in Title 24 [format: PDF]. Draft report presented at the California Energy Commission workshop on 2008 Building Energy Efficiency Standards, Sacramento, CA, May 19. Also available: a presentation [format: PDF] summarizing this report.

H. Akbari, C. Wray, T. Xu and R. Levinson. 2006. Inclusion of solar reflectance and thermal emittance prescriptive requirements for steep-sloped nonresidential roofs in Title 24 [format: PDF]. Draft report presented at the California Energy Commission

workshop on 2008 Building Energy Efficiency Standards, Sacramento, CA, May 19. Also available: a presentation [format: PDF] summarizing this report.

H. Akbari, R. Levinson and P. Berdahl. 2005. Review of residential roofing materials, Part I: a review of methods for the manufacture of residential roofing materials [format: PDF]. *Western Roofing Insulation and Siding*. Jan/Feb, pp. 54-57.

H. Akbari, R. Levinson and P. Berdahl. 2005. Review of residential roofing materials, Part II: a review of methods for the manufacture of residential roofing materials [format: PDF]. *Western Roofing Insulation and Siding*. Mar/Apr, pp. 52-58.

H. Akbari and A. Desjarlais. 2005. Cooling down the house: residential roofing products soon will boast "cool" surfaces [format: HTML]. *Professional Roofing*. March, pp.32-38.

J. Field. 2001. Berkeley Lab Pioneers Energy-Efficient Technologies. KQED *California Report* radio interview with Ronnen Levinson, June 8

M. Zinzi, E. Carnielo, S. Agnoli, "Characterization and assessment of cool coloured solar protection devices for Mediterranean residential buildings application", 2012

Neila González, J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Lería.

Liñares Méndez, Patricia., *Rehabilitación Sostenible de viviendas históricas en Santiago de Compostela*", 2012. (tesis)

PRIYADARSINI, R., 2009. Urban Heat Island and its Impact on Building Energy Consumption. *Advances in Building Energy Research (ABER)*, 3(1), pp. 261-270.

R. Levinson, P. Berdahl and H. Akbari. 2005. Solar spectral properties of pigments, or how to design a cool nonwhite coating [format: PDF]. Presented at *Cool Roofing—Cutting Through the Glare*, Atlanta, GA, May 12.

R. Levinson, H. Akbari and P. Berdahl. 2010. Measuring solar reflectance—Part I: defining a metric that accurately predicts solar heat gain. *Solar Energy* 84, 1717-1744.

R. Levinson, H. Akbari and P. Berdahl. 2010. Measuring solar reflectance—Part II: review of practical methods. *Solar Energy* 84, 1745-1759.

Levinson, R., H. Akbari, P. Berdahl, K.Wood, W. Skilton, and J. Petersheim. 2010. A novel technique for the production of cool colored concrete tile and asphalt shingle roofing products. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 94, 946-954.

R. Levinson and H. Akbari. 2010. Potential benefits of cool roofs on commercial buildings: conserving energy, saving money, and reducing emission of greenhouse gases and air pollutants. *Energy Efficiency*, 3 (1), 53-109. **Bonus:** map of the ratio of mean global horizontal solar irradiance in winter to that in summer [format: PDF], illustrating how the northern mainland U.S. (latitude $\geq 40^\circ\text{N}$) receives 3 to 5 times as much daily

sunlight in summer as in winter. Map © 2009 Ronnen Levinson, Lawrence Berkeley National Laboratory; based on NREL TMY2 weatherfiles.

R. Levinson. 2009. Advances in measuring solar reflectance—or, why that roof isn't as cool as you thought it was. Presented to Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Lab, Berkeley, CA, Jun. 30.

R. Levinson. 2004. Cool Colors for Summer: Characterizing the Radiative Properties of Pigments for Cool Roofs [format: PDF]. Seminar presented at Lawrence Berkeley National Lab, Berkeley, CA, Apr. 22.

Rosenfeld. 2009. Painting the town white: California Energy Commissioner Art Rosenfeld explains the benefits of cool roofs [format: online transcript & audio link]. *Living on Earth*, National Public Radio, February 13.

SYNNEFA, A., DANDOU, A., SANTAMOURIS, M., TOMBROU, M. and SOULAKELLIS, N., 2008. On the Use of Cool Materials as a Heat Island Mitigation Strategy. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(11), pp. 2846-2856.

S. Menon, H. Akbari, S. Mahanama, I. Sednev and R. Levinson. 2010. Radiative forcing and temperature response to changes in urban albedos and associated CO2 offsets. *Environ. Res. Lett.* 5 014005 (11pp) doi: 10.1088/1748-9326/5/1/014005.

W. Miller et al. 2004. *Special Infrared Reflective Pigments Make Dark Roofs Reflect Almost Like White Roofs* [format: PPT]. Presented at *Performance of Exterior Envelopes of Whole Buildings IX*, Clearwater Beach, FL, Dec. 9.

8. Correspondencia (para más información contacte con)

Nombre y Apellido: Nerea Corral Prados
Teléfono: + 34 650 21 45 59
E-mail: nereacorral@gmail.com